



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

Kristo Hannula

**JAOTUS- JA JUHTIMISKESKUSE KOOSTAMINE
ELEKTRIMONTAAŽI LABORI ÕPPEVAHENDIKS**

DISTRIBUTION BOARD AS STUDY-OBJECT FOR
ELECTRICAL INSTALLATION LABORATORY

Bakalaureusetöö

Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: nooremteadur Siim Muiste, *MSc*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Kristo Hannula		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia (384)	
Pealkiri: Jaotus- ja juhtimiskeskuse koostamine elektrimontaaži labori õppevahendiks			
Lehekülgi: 51	Jooniseid: 20	Tabeleid: 3	Lisasid: 8
Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika			
4.17. Energeetikaalased uuringud			
T140 Energeetika			
Juhendaja(d): Siim Muiste, <i>MSc</i>			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2021			
Eesti Maaülikooli elektrimontaaži õppelaboris puudus õppevahendina jaotus- ja juhtimiskeskus. Töö eesmärgiks oli jaotus- ja juhtimiskeskuse koostamine. Töö kajastab komponentidele ja nende valikule esitatavaid nõudeid. Komponentide valikul järgiti kehtivaid seadusi ja standardeid. Järgnevalt on valitud jaotus- ja juhtimiskeskuse koostamiseks vajalikud komponendid ning seejärel on teostatud keskuse kooste. Töö sooritamiseks püstitatud eesmärk, jaotus- ja juhtimiskeskuse koostamine, täideti edukalt järgides keskuse koostele esitatud nõudeid. Koostatud jaotus- ja juhtimiskeskus on õppevahendina kasutatav Eesti Maaülikooli tehnikamaja elektrimontaaži õppelaboris.			
Märksõnad: elekter, energeetika, automaatika, koostamine			

Estonian University of Life Sciences		Abstract of Bachelor's Thesis	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Author: Kristo Hannula		Curriculum: Engineering (384)	
Title: Distribution Board as Study-object for Electrical Installation Laboratory			
Pages: 51	Figures: 20	Tables: 3	Appendixes: 8
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Institute of Technology			
Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering			
4.17. Energetic Research			
T140 Energy research			
Supervisors: Siim Muiste, MSc			
Place and date: Tartu 2021			
<p>The laboratory of electrical installation at the Estonian University of Life Sciences did not have a distribution board as a teaching aid. The purpose of the work was to construct a distribution board. The work describes requirements for components and their selection. The selection of components followed the established laws and standards. Components, which needed to construct the distribution board are selected, and the board is assembled. The purpose which set for the performance of the work, the establishment of the distribution board, was successfully fulfilled by following the requirements. Composed distribution board can be used as a teaching tool in the electrical installation laboratory of the Estonian University of Life Sciences technical building.</p>			
Keywords: electricity, energetics, automation, assembly			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1.ELEKTRIMONTAAŽI ÕPPELABORI ISELOOMUSTUS	8
1.1. Elektrimontaaži laboratoorium	8
1.2. Jaotus- ja juhtimiskeskuse vajalikkus	8
2.JAOTUSKESKUSE KOMPONENTIDE VALIKULE KEHTESTATUD NÕUDED ...	10
2.1. Ohutus	10
2.2. Pinge ja vool	11
2.3. Kaitseaste	12
2.4. Juhistikud	12
2.5. Automaatkaitselülitite valiku alused.....	14
2.6. Rikkevoolukaitselülitite valiku alused.....	16
3.ELEKTRIMONTAAŽI LABORI KILBI KOOSTAMINE	18
3.1. Kasutatud komponendid	18
3.1.1. Kilbikest	19
3.1.2. Pealülitid.....	20
3.1.3. Rikkevoolukaitselülitid.....	21
3.1.4. Kaitselülitid ja abikontaktid	22
3.1.5. Moodulkontaktid	23
3.1.6. Releed	24
3.1.7. Astrokell	25
3.1.8. DIN pistikupesa	26
3.1.9. Signaallambid	27
3.1.10. Lülitid.....	28
3.1.11. Voltmeeter ja summer.....	29
3.1.12. Kaablid ja juhtmed.....	30
3.1.13. Muud kasutatud komponendid.....	30
3.2. Kilbi koostamine.....	31
3.3. Kasutusjuhend.....	36
KOKKUVÕTE	38
KASUTATUD KIRJANDUS	39
LISAD	43
Lisa 1. Komponentide paiknemise kavand.....	44

Lisa 2. Pealüli elektriskeem	45
Lisa 3. Mootori jõuahela elektriskeem	46
Lisa 4. Rikkevoolukaitseahelate elektriskeem.....	47
Lisa 5. Juhtahela elektriskeem.....	48
Lisa 6. Juhtahela elektriskeem jätk.....	49
Lisa 7. Rikkelampide skeem.....	50
Lisa 8. Lihtlitsents	51

SISSEJUHATUS

Käesoleva töö eesmärgiks on ehitada Eesti Maaülikooli tehnikamaja elektrimontaaži laborisse õppevahendiks jaotus- ja juhtimiskeskus. Keskuse abil on võimalik tudengitele anda ülevaade kilbi komponentidest, kilbi montaažist ning selle abil tutvustada ka lihtsamat releeloogikal põhinevat kontaktorite juhtimist. Hetkel vastav jaotuskeskus õppelaboris puudus, seega ei olnud tudengitel võimalust ohutult jaotuskeskuse ülesehitusega tutvuda.

Töö sisulises osas on kolm peatükki. Esimeses peatükis kirjeldatakse elektri- ja automaatikaseadmete montaaži laborit ja selle asukohta tehnikamaja õppehoones. Samuti on kirjeldatud jaotuskeskuse vajalikkust, antud on ka lühiülevaade keskuse tööpõhimõttest.

Teises peatükis kirjeldatakse põhjalikult komponentide valiku aluseid. Töö koostamisel on aluseks võetud Eestis hetkel kehtiv Seadme ohutuse seadus ja Eesti Standardiseerimiskeskuse kodulehel olevad kehtivad madalpingelise elektripaigaldise aparaadikoostele ja komponentidele esitatavad nõuded. Kirjeldatakse seadme koostele esitatavaid ohutusenõudeid ja selgitatakse, kuidas ohutus on töös tagatud. Komponentide valikul kaubandusest on aluseks võetud pinge ja voolu nimiväärtused ning kirjeldatud on kaitseastmele esitatavaid nõudeid, mida järgiti komponentide valikul. Samuti on kirjeldatud juhistike, automaatkaitselülite ning rikkevoolukaitselülite valikule kehtestatud piiranguid ja nõudeid.

Kolmandas peatükis on põhjalikult kirjeldatud keskuse koostamisel kasutusele võetud komponendid. Esitatud on kõikide komponentide tootekoodid komponentide tähised ja kogused. Lisaks on kirjeldatud ka neid komponente, mida kaubandusest ei ostetud, kuid olid olemas õppehoones ning kasutati töös. Seadme komponentide kirjeldusele järgneb ülevaade keskuse koostamisest, ühenduste tegemisest ja visuaalse väljanägemise parandamisest. Koostatud on jaotus- ja juhtimiskeskusele põhjalik kasutusjuhend. Kirjeldatud on kõiki keskuse funktsioone. Juhendit järgides on võimalik ohutult jaotus- ja juhtimiskeskust kasutada.

Töö lisas 1 on esitatud jaotuskeskuse komponentide paiknemise kavand ning lisades 2-7 on esitatud elektriskeemid, mille järgi on koostatud keskuse elektriahelad. Kavandi ja elektriskeemide koostamiseks kasutati Cadmatic tarkvara õpilasversiooni.

1. ELEKTRIMONTAAŽI ÕPPELABORI ISELOOMUSTUS

1.1. Elektrimontaaži laboratoorium

Eesti Maaülikooli elektrimontaaži laboratoorium asub aadressil Tartumaa, Tartu linn, Kreutzwaldi 56, Tehnikamaja keldrikorrusel. Labor asub ruumis number A014-1. Ruumis paiknevad stendid erinevate materjalide näidistega, töölauad, labortöödeks vajalikud materjalid ja elektrimontaaži tööks vajalikud tööriistad.

Elektri- ja automaatikaseadmete montaaži õppeaine eesmärgiks Eesti Maaülikoolis on anda tudengitele ülevaade elektri- ja automaatikaseadmete valimise, paigaldamise ja ühendamise kohta [1]. Õppeaine laboris viiakse läbi erinevaid praktilisi töid, mille abil saab tutvuda elektrikilbi komponentidega, teostada montaažitöid, tutvuda lihtsamate valgustuse lülitusviisidega, nagu liht- ja veksellülitus ning teostada võrgukaabli ühendamist pistikuga.

1.2. Jaotus- ja juhtimiskeskuse vajalikkus

Käesoleva töö raames valmistatati Eesti Maaülikooli elektrimontaaži õppelaborisse jaotus- ja juhtimiskeskus. Laboris oleva uue valmistatud keskuse puhul on tudengitel võimalus näha elektrikilbi komponentide paigaldust ning katsetada kilbil olevaid lülitusseadmeid ja nende funktsionaalsust.

Õppuritel avaneb hea võimalus saada ülevaade kaitselülitite, rikkevoolukaitselülitite, kontaktorite ja releede paigaldusest elektrikilpi. Lisaks eelpool mainitule hakkab kilbil olema ka praktiline pool. Kilbile paigaldatud lülititega on võimalik teostada kontaktorite

sisse-välja lülitusi, kui ühendada jaotuskeskus vooluvõrku. See annab tudengitele võimaluse katsetada mootori reversseeriva süsteemi lülitust, nii käsi, kui auto režiimil. Lülitada sisse ja välja kaitselüliteid ning näha, kuidas süttivad kaitselülite väljalülitumisel häiretuled. Võimalusi teostada lülitusi on veelgi, elektrikilbis tehtavaid lülitusviise kirjeldatakse põhjalikumalt järgnevates peatükkides.

Automaatkaitselülite klemmühenduste juures on võimalus tutvuda erinevate ühendusviisidega. Komponentide ühendamisel on kasutatud faasilatti ja juhtmeid. Juhtmete ühendusel antakse ülevaade juhtmete otsahülsside kasutamisest ja juhtmete ühendamisest klemmi alla. Faasilati kasutamisega kaitselülite omavahelise ühenduse juures antakse ülevaade, et kilbi ühenduste tegemisel ei pea alati kasutama ainult juhtmeid, vaid on võimalus kasutada alternatiivseid variante.

2. JAOTUSKESKUSE KOMPONENTIDE VALIKULE KEHTESTATUD NÕUDED

2.1. Ohutus

Elektrikilbi koostamisel on oluline järgida komponentidele ja koostele esitatavaid nõudeid. Komponentide valikul ja elektrikilbi koostamisel on võetud aluseks Eesti Standardiseerimiskeskuse kodulehel kättesaadavad standardid ning Riigiteatajast leitav kehtiv seadme ohutuse seadus.

Jaotuskeskuse ohutul koostamisel on järgitud eelpool mainitud seadust. “Seadme kasutamisel ja seadmetööl tuleb tagada inimese elu ja tervise, asja ning keskkonna ohutus” [2]. Elektripaigaldiste juures on ohutus väga tähtis, kuna elektrivool võib põhjustada väga tõsiseid tagajärgi nii inimeste, kui ka loomade tervisele, mille tulemusel võivad tekkida südamerütmihäired või koguni surm. Sellega seoses on õppekilbis võetud kasutusele vajalikud kaitseviisid ja –võtted. Vältimaks ligipääsu pingestatud klemmidele tavaolukorras on piiratud kõikidele ühendusklemmidele ligipääs, kasutades elektrikilbi kaitsekatteid. Juhtahela katkestamiseks ning seadmete väljalülitamiseks on paigaldatud keskusele hädastopp lüliti.

Kooste aparatuuri ja ahelate paigaldamise aluseks on standard “EVS-EN 61439-1:2012 MADALPINGELISED APARAADIKOOSTED osa 1: Üldreeglid”, mille kohaselt peavad komponendid olema paigaldatud nii, et hooldamine oleks lihtne, tagatud oleks vajalik ohutusaste ning põhikaitset kasutatakse pingestatud osade otsepuute vältimiseks [3]. Seega on kaitselülitid ja muud komponendid paigaldatud kilpi täpselt nii, et oleks võimalik kõige optimaalsemalt teostada nendevahelisi ühendusi. Põhikaitsena kasutatakse kilbiga kaasas olevaid plastikkatteid, mis välistavad otsepuute võimaluse klemmühendustele.

Mootorite reversseeriva lülitussüsteemi ehitusel järgiti standardi “EVS-HD 60364-4-46:2016+A11:2017 MADALPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED osa 4-46: Kaitseviisid, Turvalahutamine ja lülitamine” seisukohta, kus mootorite juhtimisahelate

ehitamine tuleb teostada selliselt, et vältida mootorite taaskäivitamist peale pingelangu või elektrikatkestuse tekkimist [4]. Selleks on töös kasutatud kontaktoreid ja kontaktorite juhtimisskeem on koostatud selliselt, et peale elektrikatkestust ei käivitu elektrimootorid koheselt, vaid taaskäivituseks tuleb mehaaniliselt vajutada lülitusnuppudele.

Ohutuse tagamiseks on juhtahelasse paigaldatud hädastopp lüliti. Hädastopp lüliti valikut kirjeldab sama standard, mis eelmises lõigus, mille kohaselt hädapeatamine on ohtlikuks kujunenud protsessi peatamine ja selle väljalülitamine peab kaasa tooma pingestatud juhtide väljalülitamise ja see peab toimuma võimalikult otseselt ning lülitus peab toimuma ühe lülitusega, ka ei tohi lülitamine kaasa tuua lisaohtu [4]. Kilbikoostel kasutusele võetava lüliti puhul on tegemist fikseeruva surunupuga ja kontaktipaarina on kasutusel NC (*Normally Closed – normaalolekus suletud*) kontakt, mis tavaolukorras, kui lüliti ei ole rakendunud, on suletud seisundis. Kui toimub lüliti allavajutamine, katkeb juhtahel ning lüliti fikseerub sisselülitatud asendisse. Lülitit on võimalik rakendada üheainsa lülitamisega nupule vajutades.

2.2. Pinge ja vool

Kirjeldades komponentide valikul arvesse võetavat kestevpinget ja kestevvoolu on järgitud standardit “EVS-HD 60364–1:2008+A11:2017 MADALPINGELISED ELEKTRI-PAIGALDISED osa 1: Põhialused, üldiseloomustus, määratlused”, mille kohaselt tuleb arvestada, et elektriseadme komponentide valikul peavad kõik komponendid vahelduvpinge korral vastama kestevpinge efektiivväärtusele [5]. Liinipinge $U_n = 400\text{ V}$ võrgutoitel kooli elektrivõrgus ja sellest lähtuvalt faasipinge $U_f = 230\text{ V}$, on kõikide komponentide valikul arvesse võetud.

Sama standardit kohaselt tuleb voolu väärtust järgides valida kõik elektriseadmed selliselt, et arvesse võetakse suurimat kestevvoolu efektiivväärtust, mis võib seadet läbida. Seega valiti kõik komponendid selliselt, et koormusahelas olev vähima nimivooluga seade oleks kaitstud kaitselülitiga ning rikkevoolukaitsmele järgnevad kaitselülitid ei ületaks summaarselt rikkevoolukaitsmele lubatavat nimivoolu. [5]

2.3. Kaitseaste

Elektrikilbi kaitseastme valikul on lähtunud standardist “EVS-EN 61439-3:2012 MADALPINGELISED APARAADIKOOSTED osa 3: Jaotuskilbid, mida tohivad käsitada tavaisikud”, et sisejaotuskilpide kaitseaste peab pärast paigaldust olema vastavalt tootja juhistelet vähemalt IP2XC [6]. Elektrikilbi koostamisel kasutatud komponendid on kõik tootja poolt määratud minimaalselt kaitseastmega IP20.

2.4. Juhistikud

Juhtmete tähistusel on järgitud standardit “EVS-EN 60445:2017 INIMESE-MASINALIIDESE ÜLD- JA OHUTUSPÕHIMÕTTED, MÄRGISTUS JA TUVASTAMINE Seadme klemmide, juhtide otsastuste ja juhtide tuvastamine”, mille kohaselt peab neutraaljuhi tähis olema N, kaitsemaandusjuht PE ja liinijuhi tähis peab algama L tähega ja sellele järgneb number. Juhtmete värvivalikul peab neutraaljuht olema tähistatud sinise värviga, et vältida segi minemist teiste värvidega. Vahelduvvoolu liinijuhtide värvid peavad olema must, pruun ja hall. Kaitsemaandusjuhi puhul tuleb kasutada kollarohelist kahevärvilist kombinatsiooni ja see on ainuke värvide kombinatsioon mida võib kasutada. [7]

Võttes arvesse kehtestatud nõudeid, on kasutusel olevad juhtmete värvid ja tähised jaotatud selliselt, N – sinine, PE – kollaroheline ja faasijärjestus teostatud L1 – pruun, L2 – must ja L3 – hall. Selliselt on faasijuhid märgistatud toitekaablil, kilbisesesed ühendused on teostatud musta, sinise ja kollarohelise juhtmega.

Juhtmete ristlõike valimisel arvestatakse juhtmete ja kaablite paigaldusviisidega. Ristlõike valimiseks on tabelis 2.1 esitatud erinevad paigaldusviisid ja neile vastavad voolude väärtused. Paigaldusviis A on süvispaigaldus, C paigaldusviis on pindpaigaldus, D paigaldusel on tegemist pinnasesse paigaldatud kaabli või juhtmega ja E paigaldusviisi puhul on tegemist õhuliini paigaldusega. [8]

Tabel 2.1 Juhtmete ristlõikepindalale ettenähtud kestevvoolu väärtus erinevate paigaldusviiside korral [8]

Vask (Cu) juhtmete koormustabel				
Tabelis näidatud lubatavad koormused on amprites (A).				
Juhtme ristlõige (mm²)	Süvispaigaldus (A)	Pindpaigaldus (C)	Pinnases paigaldus (D)	Õhuliini paigaldus (E)
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527

Kasutatud installatsioonijuhtmed on vaskjuhtmed. Kilbisisesed ühendused kuuluvad paigaldusviisi alla C, ehk tegemist on pindpaigaldusega. Selle paigaldusviisi puhul on 1,5 mm² korral lubatud maksimaalseks vooluks 18,5 A, kuna töös on kasutatud kaitselüliteid nimivooluga 16 A ja 10 A, on kasutatav 1,5 mm² vaskjuhe piisav. Mõlema nimivooluga kaitselüliti korral kasutati sama ristlõikega juhet, kuna selles mõõdus juhe oli koolis kättesaadav.

Kaitsemaanduse valikul võeti aluseks standard “EVS-HD 60364-5-54:2011+A11:2017 MADALPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED osa 5-54: Elektriseadmete valik ja paigaldamine, maandamine ja kaitsejuhid”, mille kohaselt alla 16 mm² juhtmete korral peab kaitsejuht olema sama ristlõikega [9]. Kasutatud paigaldusjuhtmed on ristlõikega 1,5 mm², seega on kolla-roheline kaitsemaandusjuht kilpi valitud samuti ristlõikega 1,5 mm².

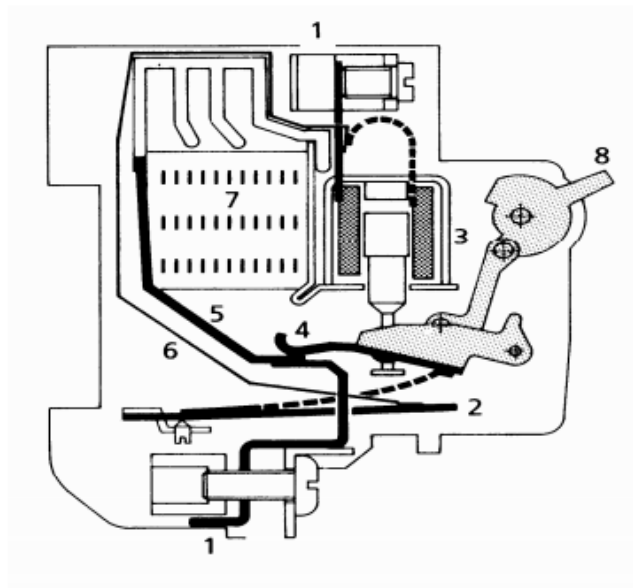
Töös kasutusel olevad juhtmed on kõik peenkiud juhtmed, mis on ühendusklemmide alla ühendatud, kasutades juhtmete otstel otsahülssi. Otsahülsside kasutamine on kirjeldatud

standardiga “EVS-HD 60364-5-52 MADALPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED Osa 5-52: Elektriseadmete valik ja paigaldamine, juhistikud”, mille kohaselt peab vältima mitmekiulistel või peenkiulistel juhtmetel kiudude eraldumist, selleks tuleb kasutada klemme või otsahülse [10]. Töös kasutati kraega juhtme otsahülse vastavalt juhtme ristlõigetele ning hülsside pressimiseks juhtme otsa olid kasutusel spetsiaalsed hülsitangid.

2.5. Automaatkaitselülitite valiku alused

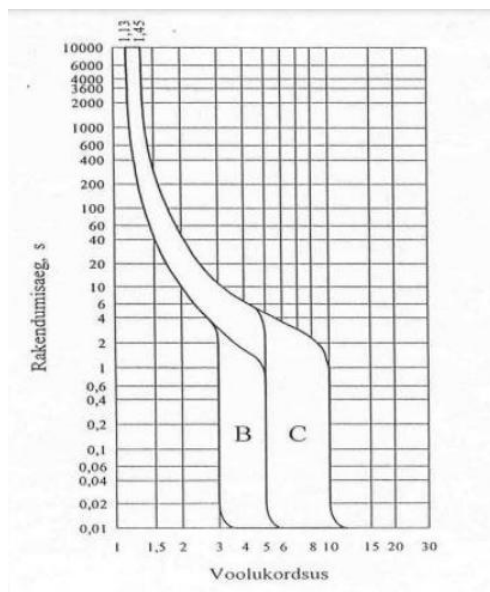
Kaitselülitid on oma ehituselt mehaaniline lülitusaparaat, mis standardi “EVS-EN 60947-2:2017+A1:2020 MADALPINGELISED LÜLITUSAPARAADID osa 2: Kaitselülitid” kohaselt, on tavaolukorras võimeline voolu nii sisse lülitama, hoidma ja katkestama ning kõrvalekallete korral, nagu lühis või muu sarnane olukord, voolu määratud aja jooksul kandma ja seejärel katkestama. [11]

Automaatkaitselülitid rakendub automaatselt, kui ületatakse ettenähtud nimivoolu piirväärtusi. Automaatkaitselülitite ülesehitust kirjeldatakse joonisel 2.1. Kaitselülitite koosneb: 1) ühendusklemmid, 2) bimetalivabasti, 3) elektromagnetvabasti, 4) liikuv kontakt, 5) kaarevenitaja, 6) abiahel, 7) kaarekustutuskamber, 8) lülitushoob [12]. Ühendusklemmide alla kinnitatakse juhtmed. Seadet saab sisse ja välja lülitada lülitushoovaga. Lülitushoova liigutamine muudab kaitselülitis oleva liikuva kontakti asendit. Bimetalivabastit kasutatakse termovabastina, mida kasutatakse liigkoormuskaitseks. Elektromagnetvabasti eesmärgiks on kaitselülitite vabastamine lühise korral.



Joonis. 2.1 Automaatkaitseüliti läbilõige. [12]

Igal kaitseülitil on rakendustunnusjoon, mis määrab kaitseüliti võime ennast välja lülitada teatud voolu väärtuse juures. Käesolevas töös on kasutatud kaitseüliteid rakendustunnusjoonega B ja C. Kasutusel on lisaks kaitseüliteid tunnusjoonte tähistega Z, D ja K. Joonisel 2.2 on esitatud B ja C rakendustunnusjoone graafik.



Joonis 2.2 Kaitseülitite B ja C rakendustunnusjoone graafik. [12]

B rakendustunnusjoone korral talub kaitselüliti kolmekordset nimivoolu, mida minetatakse hoidevooluks ning rakendumine toimub selle tunnusjoone puhul viiekordse nimivoolu juures. C rakendustunnusjoone korral on hoidevooluks viiekordne nimivool ning rakendumine toimub kümnekordse nimivoolu juures. Tabelis 2.2 on esitatud kaitselülite tunnusjoontele vastavad hoide- ja rakendusvoolud. [12]

Tabel 2.2 Rakendumistunnusjoontele vastavad hoide ja rakendusvoolud [12]

Tunnusjoon	Hoidevool	Rakendusvool
B	3 In	5 In
C	5 In	10 In

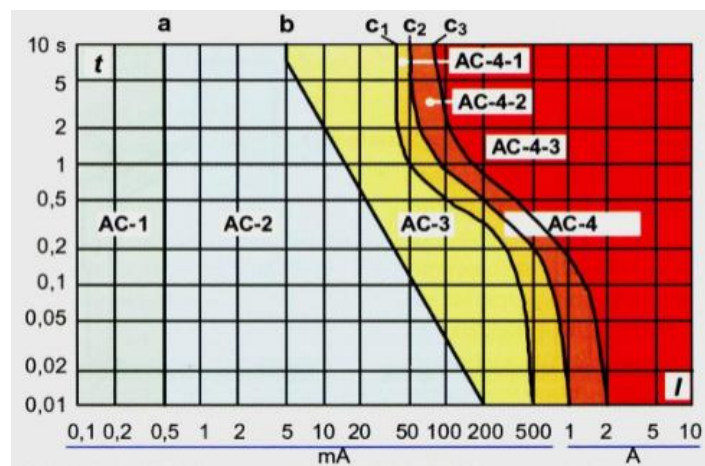
Jaotuskeskuse koostamisel valiti kõigiks kaitselüliteks automaatkaitseülitid. Kaitselülite koguse määramisel juhinduti standardist “EVS-HD 60364-1:2008+A11:2017 MADALPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED osa 1: Põhialused, üldiseloomustus, määratlused”, mille järgi peab kaitselahutusseadmed valima selliselt, et oleks võimalik üksikuid seadmeid või erinevaid vooluallikaid toiteahelast lahutada [5]. Sel eeldusel on kokku kasutusele võetud 6 erinevat kaitselüliti, et tagada iga seadme või ahela eraldi väljalülitamine. Valides igale ahelale oma kaitselüliti, on tagatud ka see, et ühe ahela lühise või rikke korral jäävad teised ahelad töösse.

2.6. Rikkevoolukaitselüliti valiku alused

Ükski elektrotehnikas kasutatav isoleermaterjal ei ole ideaalne. Normaalolukorras pingestatud olekus on alati lekkevool, mis tavaolekus jääb niivõrd väikeseks, et ei kujuta ümbritsevale keskkonnale mingit ohtu. Isolatsioonirikke korral võib tekkiv lekkevool suurened ja ületada ohutu piiri ning muutuda rikkevooluks. Selline olukord võib tekkida isolatsioonirikke, kereühenduse või toiteliinis toimuva maaühenduse korral. [13]

Rikkevool võib põhjustada väga drastilisi tagajärgi või isegi lõppeda inimese surmaga. Joonisel 2.3 on voolutugevuse ja aja graafik, kus on ära näidatud piirkonnad, mis

kirjeldavad inimesele tekkivat kahju. Piirkonnas AC1 pole voolu mõju inimesele tavaliselt tuntav, piirkonnas AC2 ei ole voolu toime üldjuhul ohtlik, piirkonnas AC3 ei ole vool tavaliselt ohtlik, kuid mõningatel juhtudel võib põhjustada lihaskrampe või hingamisraskusi ning alates piirkonnast AC4 on vool inimesele juba eluohtlik [13]. Rikkevoolukaitselülite valikuna võeti kasutusele kaitselülid tunnusrikkevooluga 0,03 A, seda valikut põhjendab ka joonis 2.3, et 0,03A on inimesele ohutu tsooni piiriks ja sellise tunnusrikkevooluga rikkevoolukaitselülid on lihtsasti kättesaadavad.



Joonis 2.3 Vahelduvvoolu toime inimesele. [13]

Rikkevoolukaitsete paigaldamisel ehitatavasse elektrikilpi järgiti standardi “EVS-HD 60364-5-53:2015+A11:2017 MADALPINGELISED ELEKTRIPAIGALDISED osa 5-53: Elektriseadmete valik ja paigaldamine, lülitus ja juhtimisaparaadid” nõuet, et rikkevooluaparaadid tuleb paigaldada elektripaigaldise kasutatavate ahelate algusesse, ei tohi kasutada TN-C juhistikus, rikkevooluaparaadi koormuspoolel ei tohi kaitsemaandusjuhti ja neutraaljuhti omavahel kokku ühendada ning rikkevoolukaitsset tohib kasutada ainult lisakaitsena [14]. Standardit järgides on koostatud jaotusseadmes rikkevoolukaitsmed paigaldatud liinide algusesse, koheselt peale kaitselahutust. Jaotuskeskuse juhistiksüsteemiks on TN-S süsteem, seega rikkevoolukaitse kasutamine on võimalik ning ühendused rikkevoolukaitse ühendamisel on tehtud selliselt, et kaitsemaandus- ja neutraaljuht ei puutu kokku, vastasel juhul rakenduks rikkevoolukaitse koheselt.

3. ELEKTRIMONTAAŽI LABORI KILBI KOOSTAMINE

3.1.Kasutatud komponendid

Ehitatava jaotus- ja juhtimiskeskuse koostamiseks töötati eelnevalt välja nimekiri vajalikest komponentidest. Põhiline osa töös kasutatud komponentidest on ostetud kaubandusest. Tabelis 3.1 on esitatud kaubandusest ostetud komponentide nimekiri. Esitatud on müüjapoolne tootekood, toote tähis, nimetus ja komponendi tootja. Viimases veerus on esitatud toodete kogus.

Tabel 3.1 Ostetud komponentide nimekiri [15]

	Tootekood	Toote tähis, nimetus, tootja	Kogus
1.	230003028	ZB4BA3 Roheline surunupp Schneider	3
2.	230003029	ZB4BA4 Punane surunupp Schneider	1
3.	230003123	XB7EV05MP Signaallamp LED 230VAC Kollane Schneider	1
4.	230003035	ZB4BD3 Pöördlüliti 1-0-2 Schneider	1
5.	230003013	ZB4BK1233 Pöördlüliti 2 positsiooni, roheline, fikseeruv, Schneider	1
6.	230003069	ZB4BZ009 Metallraam 3 mooduli kinnitamiseks Schneider	11
7.	230003033	ZB4BS844 Hädastopp D40 Pööratav Schneider	1
8.	230003053	ZBE101 Lüliti moodulkontakt 1NO Schneider	6
9.	230003054	ZBE102 Lüliti moodulkontakt 1NC Schneider	3
10.	230003058	ZBVM3 Signaalmoodul LED 230VAC Roheline Schneider	3
11.	230003059	ZBVM4 Signaalmoodul LED 230VAC Punane Schneider	2
12.	230003040	ZB4BV043 Lääts punane Ledile Schneider	2
13.	230003039	ZB4BV033 Lääts roheline Ledile Schneider	2
14.	360290029	SBN340 Pealüliti 3P 40A 230VAC 3 moodulit Hager	1
15.	320290035	MC316 Kaitselüliti 3P 16A 6 kA 3 moodulit Hager	1
16.	320290026	MC116 Kaitselüliti 1P 16A 6 kA 1 moodulit Hager	3
17.	320290002	MB110 Kaitselüliti 1P 10A 6 kA 1 moodulit Hager	2
18.	320290045	CD426J Rikkevoolukaitse 25A/0,03A 4F Hager	1
19.	320290043	CD226J Rikkevoolukaitse 25A/0,03A 2F Hager	1
20.	380290001	ESC425 230VAC Moodulkontaktor 25A 4 NO 2 moodulit Hager	2
21.	380290003	ESC225 230VAC Moodulkontaktor 25A 2 NO 1 moodulit Hager	2
22.	320290052	KDN363B Voolulatt 3F 57 moodulit	1
23.	320290055	KZN023 Ots 3F voolulatile	2

Tabeli 3.1 järg

	Tootekood	Toote tähis, nimetus, tootja	Kogus
24.	340290064	P012 Moodulava kate 12M valge Hager	10
25.	350002014	CR-M4SS Relee standardpesa kruviklemmiga 4 kontakti ABB	3
26.	350002013	CR-M230AC4 vaherelee 4 NO/NC 230VAC ABB	3
27.	320851001	Protec PDSO pistikupesa DIN-liistule 16A	1
28.	240609001	015-6 jätkupistik 16A 3P+N+PE 380-415V IP44 PCE	1
28.	640852020	CIMCO 186202 HF juhtmespiraal 6-60 mm valge 10m	1
30.	130064108	T18R/W 100x2,5 must juhtmeside pakk(100 tk) Hellermann	1
31.	52018300264	1,5mm ² juhtme otsahülss isoleeritud 8mm punane pakk(100tk)	1
32.	260892013	Astrokell 110 - 230 V AC Grässlin	1
33.	320290061	MZ201 Abikontakt 1NC+1NO 230VAC Hager	2

Kilbikest, voltmeeter ja summer, olid olemas laboris ja neid osta polnud vaja.

3.1.1. Kilbikest

Ümbrisena võeti kasutusele koolis olemasolev kilbikest. Kilbikest on kahesektsiooniline, mõlemas kuus moodulirida. Ühes moodulireas on kaksteist moodulikohta. Kokku on kilbikestl 144 moodulit. Mooduliks nimetatakse ühefaasilise kaitselüliti laiust, mis hõivab kaheteistkümne moodulikohaga moodulreas ühe koha, kolmefaasiline kaitselüliti hõivab kolm moodulkohta. Moodulite paigutamiseks on kilbikestl olemas DIN liistud, mis on kinnitatud kinnitussiinidele kruvidega. Kilbikestl oli olemas ka kaitsemaandusjuhi ja neutraaljuhi latid ning mõlemas otsas kaabliühendused. Joonisel 3.1 on esitatud vaade tühjale elektrikilbile, mida töö tegemiseks kasutati.



Joonis 3.1 Vaade kilbikestale enne komponentide monteerimist.

Elektrikilbi tootja ei ole teada, kuna kilbikestal puudus tootjaandmete silt.

3.1.2. Pealüliti

Pealülitina kasutati Hager SBN340 lüliti. Lüliti tunnusvool $I_n = 40 \text{ A}$ ja tootja poolt esitatud tunnuspinge on $U_n = 400 \text{ V}$. Kasutatud lüliti on kolm NO (*Normally Open – normaalolekus avatud*) kontakti, mis tähendab, et sisselülitamata olekus on lüliti kontaktid avatud olekus. Lühisvoolu lahutusvõime 6 kA. Kaitseaste on lüliti IP20. [16] Joonisel 3.2 on esitatud vaade pealülitile.



Joonis 3.2 Pealüliti Hager SBN340. [16]

Koguseliselt kasutati ühte kaitselahutuslülitit. Paigaldatud sai kaitselahutus ühenduste algusesse, mille toitepoolele ühendati vahetult toitekaabel ning koormuspoolelt jätkusid ühendused rikkevoolukaitse- ja kaitselülititele.

3.1.3. Rikkevoolukaitseülitid

Rikkevoolukaitseüliteid võeti kasutusele kaks tükki. Üks rikkevoolukaitseüliti oli neljapooluseline Hager CD426J ($I_n=25A$, $U_n=400V$, IP20). Mille tunnusrikkevool $I_{\Delta n}=0,03A$ [17]. Teise rikkevoolukaitseülitina kasutati kahepooluselist Hager CD226J ($I_n=25A$, $I_{\Delta n}=0,03A$, $U_n=230V$, IP20) [18]. Kaitselülitel on olemas testnupp, millega saab kontrollida kaitselülite korrasolekut. Vaade komponentidele on esitatud joonisel 3.3.



Joonis 3.3 Hager CD426J ja Hager CD226J rikkevoolukaitseülitid. [17,18]

Neljapooluseline rikkevoolukaitselüliti on ühendatud enne kolme C16A kaitselüliti ja kahepooluselisele rikkevoolukaitselülile järgnevad kaks B10A kaitselüliti.

3.1.4. Kaitselülid ja abikontaktid

Kaitselüliteid kasutati kokku kuus tükki. Mootori reversseeriva süsteemi toiteks võeti kasutusele kolmepooluseline kaitselüliti Hager MC316 ($I_n=16A$, $U_n=400V$), millel rakendumistunnusjoon C ning lühisvoolu tunnuslahutusvõime on 6kA [19].

Summeri, astrokella ja DIN pistikupesa ahelate kaitseks kasutati töös kolme ühepooluselist kaitselüliti Hager MC116 ($I_n=16A$, $U_n=230V$, IP20), mille lühisvoolu tunnuslahutusvõime 6kA ja rakendumistunnusjoon on C [20]. Kõigile kasutatud komponentide ahelatele on üks kaitselüliti.

Juhtahela ja häiretulede ahela kaiteks kasutati kahte ühepooluselist kaitselüliti Hager MB110 ($I_n=10A$, $U_n=230V$, IP20) rakendumistunnusjoonega B ja lühisvoolu tunnuslahutusvõime on 6kA [21]. Kasutatud kaitselülid on esitatud joonisel 3.4.



Joonis 3.4 Hager MC316, Hager MC116 ja Hager MB110 kaitselülid. [19,20,21]

Kahe kaitselüliti juures kasutati 0,5 moodulilise koostelaiusega abikontakti Hager MZ201, mille maksimaalne lubatav tunnuspinge $U_n=415V$, tunnusvool $I_n=6A$ ning abikontaktil on 2 kontakti, NO (*Normally Open – normaalolekus avatud*) ja NC (*Normally Closed – normaalolekus suletud*) [22]. Kasutatud abikontakt on nähtav joonisel 3.5.



Joonis 3.5 Abikontakt Hager MZ201. Abikontaktil on kaks kontaktipaari. [22]

Abikontaktid paigaldati kahele kaitselülitile ning kontaktide ühendusklemmid ühendati selliselt, et kaitselüliti sisse- või väljalülitamisel süttiksid kontroll-lambid. Üks abikontakt on ühendatud kolmepooluselisele kaitselülitile eesmärgiga lülitada tööle mootoriahela riket indikeeriv tuli olukorras, kus toiteahel on välja lülitunud. Teine abikontakt on ühendatud juhtahela kaitselülitile, kus NO kontaktid lülitavad põlema juhtahela korrasoleku tule ning NC kontaktipaar annab märku juhtahela rikkest.

3.1.5. Moodulkontaktorid

Mootorite reversseerival süsteemil kasutati kahte neljapooluselist moodulkontaktorit Hager ESC425 ($I_n=25A$, $U_n=400V$, IP2X) ja mähisepinge on 230V [23]. Summeri ja DIN pistikupesa tööle rakendamiseks kasutati kahte kahepooluselist moodulkontaktorit Hager ESC225 ($I_n=25A$, $U_n=230V$, IP2X), mille mähis töötab 230V vahelduvpingel [24].

Mõlema seadme lülitamiseks on kummagil kasutusel üks kontaktor. Moodulkontaktorid on esitatud joonisel 3.6.



Joonis 3.6 Hager ESC425 ja Hager ESC225 moodulkontaktorid. [23,24]

Moodulkontaktoreid kasutati selleks, et oleks võimalik teostada jaotuskeskuse juhtimispoolel lülitusi. Kontaktorite sisse- ja väljalülitusi on võimalik kontrollida juhtnuppudega.

3.1.6. Releed

Releed võeti kasutusele mootori juhtimiseks mõeldud reversseeriva süsteemi loomisel, eesmärgiga saavutada kontaktori kõrvale abikontaktid süsteemi juhtimiseks, ning blokeeringu tekitamiseks. Lisaks kasutati ühte releed ümberlülitamiseks “KÄSI” ja “AUTO” režiimis. Releede paigaldamiseks DIN liistule kasutati kolme releepesa ABB CR-M4SS, millel on 14 kruviklemmi [25]. Pesa on kinnitatav DIN liistule.

Releepesadel võib kasutada erinevaid releesid. Käesolevas töös kasutati pesadel releesid ABB CR-M230AC4, millel on neli kontaktipaari lihtkontaktidega [26]. Kokku kasutati kolme releed. Ühel kontaktipaaril on võimalik kasutada nii NO (*Normally Open* –

normaalolukorras avatud), kui ka NC (*Normally Closed – normaalolukorras suletud*) lülitust. Joonisel 3.7 on esitatud vaade releepesale ja releele.



Joonis 3.7 ABB CR-M4SS releepesa ja ABB CR-M230AC4 rele. [25,26]

Releed on mõeldud paigaldamiseks releepesadele. Juhtmete ühendused teostatakse releepesal paiknevate kruviklemmide abil.

3.1.7. Astrokell

Automaatrežiimis töötamiseks on mootorilülituses kasutatud astrokella. Grässlin TALENTO SMART C15 astrokell on paigaldatav DIN liistule, toitepinge komponendil on 110-230V, seadmel on üks kanal, kontaktina kasutusel ümberlülituskontakt, mälukohtade arv on viissada ja kaitseaste IP20 [27]. Astrokella laius moodulites on kaks moodulit. Joonisel 3.8 on esitatud astrokell.



Joonis 3.8 Astrokell Grässlin TALENTO SMART C15. [27]

Astrokella on võimalik programmeerida nii nuppudega paneelilt kui ka kasutades vastavat rakendust “*Talento smart*” [28]. Rakendust saab kasutada telefoniga ning seadme ühendamiseks tuleb kasutada juhtmevaba *bluetooth* ühendust.

3.1.8. DIN pistikupesa

Jaotuskeskusesse paigaldati pistikupesa Protec mille tunnuspinge $U_n=250V$ ja tunnusvool $I_n=16A$ [29]. Pistikupesa laius moodulites on kaks moodulit. Pesa ühendusklemmid on kruviklemmid. Komponent on esitatud joonisel 3.9.



Joonis 3.9 Din pistikupesa Protec PDSD. [29]

Pistikupesa ühendusklemmid on paigutatud nii, et alumisel küljel paiknevad faasi- ja neutraaljuhi ühendusklemmid ning ülemisel küljel kaitsemaandusjuhi ühendus.

3.1.9. Signaallambid

Töös kasutati viite eraldi asetsevat signaallampi ning ühte lampi, mis asetseb kahepositsioonilisel pöördlülitil. Kasutusele võeti kaks rohelist lambi läätse Schneider ZB4BV033, kaks punast läätse Schneider ZB4BV043 ja kollane led lamp Schneider XB7EV05MP sisseehitatud LED-ga [30-32]. Läätsede ja lülitite kinnitamiseks kilbile kasutati kokku 11 metallraami Schneider ZB4BZ009 [33]. Metallraamidega on võimalik lülitid ja lambiläätsed kinnitada paneelile. Raamid fikseeritakse kruviga. Joonisel 3.10 on näidatud kasutatud signaallampide läätсед, LED moodul ja kinnitamiseks mõeldud metallraam. LED moodulid on visuaalselt identsed, seega on joonisel esitatud vaid üks moodul.



Joonis 3.10 Kollane signaallamp sisseehitatud LED tulega. Roheline ja punane lambilääts, LED moodul ja metallraam. [30-34]

Rohelistel lambiläätseidel ja kahepositsioonilisel pöördlülilil kasutati kokku kolme rohelist LED moodulit Schneider ZBVM3 ning punaste läätsede juures kasutati kahte punast signaalmoodulit Schneider ZBVM4 [34,35]. LED moodulid töötavad pingel 230V AC.

3.1.10. Lülitid

Juhtimiskeskuse poolel lülituste tegemiseks võeti kasutusele mitmeid lüliteid. Mootori käivituseks edasisuunal ja tagasisuunal ning summeri rakendamiseks võeti kasutusele kolm rohelist tagastuvat surunuppu Schneider ZB4BA3, ahela väljalülitamiseks kasutati tagastuvat punast surunuppu ZB4BA4, “KÄSI” ja “AUTO” režiimi ümberlülituseks kasutati kolmepositsioonilist fikseeruvat pöördlülitit Schneider ZB4BD3, DIN pistikupesale toitepinge sisselülitamiseks kasutati fikseeruvat kahepositsioonilist pöördlülitit Schneider ZB4BK1233 ning turvaahela katkestamiseks kasutati ühte hädastopp lülitit Schneider ZB4BS844 [36-40]. Lülitite kinnitamiseks kasutati samu metallraame, mida on kirjeldatud eelmises peatükis. Joonisel 3.11 on näidatud kõik kasutatud lülitid.



Joonis 3.11 Ülemisel real vasakult alustades kahepositsiooniline pöördlüliti, kolme positsiooniline pöördlüliti, roheline tagastuv surunupp. Alumisel real vasakult alates hädastopp lüliti ja punane tagastuv surunupp. [36-40]

Lülitid valiti vastavalt töö eesmärgile ja erinevate lülituste arvule. Lülitite täpsemat paigaldamist kirjeldatakse peatükis 3.2.

3.1.11. Voltmeeter ja summer

Kilpi paigaldati lisaks ostetud seadmetele ka voltmeeter ja summer. Mõlemad komponendid olid Eesti Maaülikooli õppelaboris olemas ja kasutamata, seega oli hea võimalus need ära kasutada ehitatavas jaotuskeskuses. Seadmed on esitatud joonisel 3.12.



Joonis 3.12 Vasakpoolne seade on voltmeeter, parempoolne seade summer.

Voltmeeter ühendati kilpi kontrollimaks faasipinget pealüliti koormusahela faasil L1. Summer töötab juhul, kui lülitatakse rohelist surunuppu SUMMER, mis rakendab kontaktori K4.

3.1.12. Kaablid ja juhtmed

Kilbi toitekaabliks kasutati kummikaablit H07RN-F 5G2,5, kus tegemist on viiesoonelise kaabliga, mille iga soone läbilõige on 2,5 mm². Kaabel otsastati kolmefaasilise 16A jõupistikuga ühendamiseks vooluvõrku. Kilbisestest ühenduste tegemisel kasutatud 1,5 mm² must, sinine ja kollaroheline juhe on tähistusega H07V-K.

3.1.13. Muud kasutatud komponendid

Kaitselahutus ja neljamoodulilise rikkevoolukaitselüliti ühendamiseks on kasutatud kolmefaasilist voolulatti KDN363B, millest lõigati välja vajalik pikkus (kuus haru) ning paigaldati otstesse voolulati otsad KZN023. [41,42]

Vabade moodulkohtade katmiseks on kasutatud lõppviimistluse ajal katteid P012 [43]. Kaitsekate P012 on kogu 12-moodulilise ava katmiseks, ning nende pikkust on võimalik lühendada vastavalt katmiseks vajaliku moodulite arvuni.

16 A kolme faasi jõupesa 16 A 015-6 on viie klemmiga, millest kolm on faasiklemmid, üks klemm on neutraaljuhile ja üks kaitsemaandusjuhi klemm. [44]

Lõppviimistluseks kilbi sees kasutati juhtmesidemeid T18R/W ja juhtmespiraali CIMCO 186202 HF visuaalse pildi parandamiseks [45,46]. Juhtmesidemetega tõmmati juhtmed omavahel punti, et saavutada korrektne üldmulje. Juhtmespiraali kasutati juhtimiskeskuse poolelt tulevate juhtmete kaitseks, et välistada isolatsiooni hõõrdumist paneeli eemaldamisel. Loetletud komponendid on esitatud joonisel 3.13.



Joonis 3.13 Kasutatud komponentidena ülevalt vasakult alates: juhtmespiraal, 16A jõupistik, juhtmeside. Alumisel real: moodulavade kate, faasilatt, laboripesad ja faasilati otsakatted. [41-46]

Mootoriühenduste väljavõtteks on kasutatud samu väljavõtteid, mis on kasutusel ka tehnikamaja teistes laboratooriumites. Kasutusele võeti kolm musta ja üks kollaroheline kaitsemaandus väljavõtte. Kasutatud klemmid on nähtavad eelmisel joonisel.

3.2. Kilbi koostamine

Jaotuskeskuse koostamisel tehti eelnevalt elektriskeemid ja komponentide paiknemise kavand. Skeemide ja kavandi koostamisel kasutati Cadmatic tarkvara õpilasversiooni [47]. Sellega seoses on ka kõik joonised märgistatud vesimärgiga, et välistada jooniste kasutamist ärilisel eesmärgil. Kõik koostatud joonised on esitatud lisades 1-7.

Kilbikoostel järgiti kõiki peatükis 2 nimetatud seadusi ja standardeid. Jaotus- ja juhtimiskeskus on üles ehitatud selliselt, et vasakpoolsesse sektsiooni paigaldati moodulkomponendid ning parempoolsesse sektsiooni paigaldati lülitusnupud ja signaallambid. Faasiväljavõtted elektrimootori ühendamiseks on samuti paigaldatud kilbi parempoolsesse sektsiooni.

Enne installatsioonitööde teostamise algust võeti välja kilbis paiknevad vanad komponendid ning puhastati kest. Eemaldades kilbi seest mustuse ja tolmu, samuti ka kaitsekatetelt vanade kleebiste liimijägid.

Seejärel asetati moodulkomponendid DIN liistule ning leiti neile kõige optimaalsem asukoht, kus võeti arvesse ühendamise loogilisust ja lihtsust, et juhtmed ei läheks ühendamisel risti ning oleks võimalik ära kasutada kolmefaasilist faasilatti. Joonisel 3.14 on nähtav moodulkomponentide, lülitite ja signaallampide paigaldamise proov keskusesse.



Joonis 3.14 Komponentide paigaldamine kilpi. Lülitite ning lampide paiknemise katsetus.

Järgnevalt teostati paigaldustööd, kus paigaldati paremale poolele lülitid, lambid ja väljavõttepesad. Selleks asetati eelnevalt lülitid kaanele, et leida neile sobivaim koht ja saada esmane visuaalne ülevaade. Õige asukoha leidmisel mõõdeti välja lülitite ja tulede tsentrikohad ning puuriti avad. Avadesse paigaldati lülitid ja signaallambid, kasutades ettenähtud metallraame ja tootja poolt etteantud juhiseid. Lülitite ja lampide metallraami

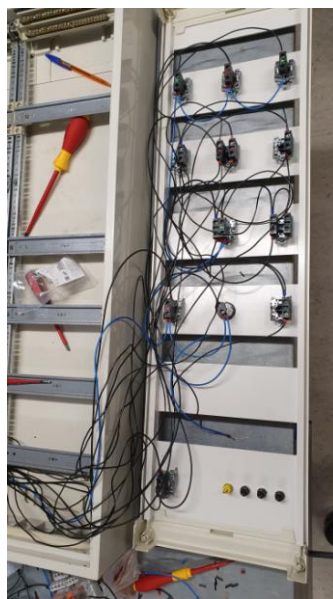
külge asetati järgnevalt kontaktid või LED moodulid, vastavalt sellele, kas tegu oli lüliti või lambiga.

Paremale poole jäävate komponentide paigalduse lõppedes alustati juhtmete ühendamise. Ühendamisel võeti aluseks eelnevalt koostatud elektriskeemid, mis on esitatud lisades 2-7.

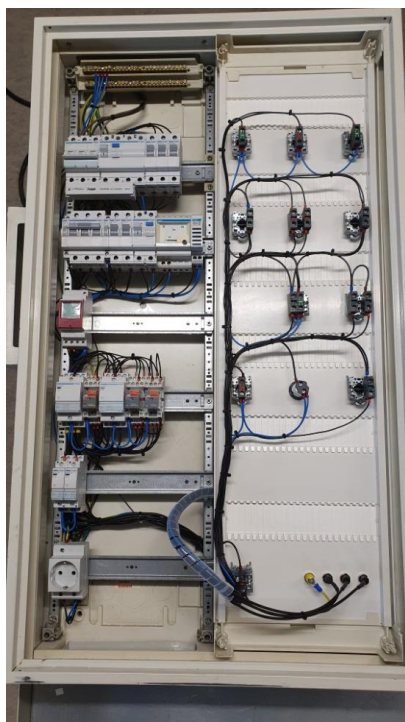
Juhtmete ühendamisel alustati sinistest neutraaljuhtmetest. Seejärel ühendati kontrollahela toitejuhtmed. Kilbisisesed kaitsemaanduse juhtmed ühendati viimasena.

Juhtahela ühendamise lõppedes teostati moodulkomponentide vahelised ühendused. Samal ajal, kui teostati kaitselahutuse ja rikkevoolukaitse vahelisi ühendusi, tuli paigaldada ka faasilatt. Viimase ühendamisenä teostati toitekaabli paigaldamine kaitselahutusele. Toitekaabel ühendati faasisoontega otse pealülitile värvijaotusega: 1) L1 - pruun, 2) L2 - must, 3) L3 - hall. Sinine neutraalsoon ühendati kilbisisesele neutraallatile ja kaitsemaandus kollä-roheline kaitsemaanduslatile.

Rikkevoolukaitse neutraalid võeti neutraallatilt ja rikkevoolukaitse gruppi kuuluvate seadmete neutraalühendused saavad alguse rikkevoolukaitsmelt. Joonisel 3.15 on näha pooleli olevat ühendamist lülituspaneelil ning joonisel 3.16 on jaotuskeskuse sisevaade peale viimistlust.



Joonis 3.15 Juhtmete ühenduse lõpetamine enne visuaalset korrastamist.



Joonis 3.16 Kilbi sisu pärast kilbi korrastust.

Peale juhtmete ühendamise lõpetamist korrastati kilbis asetsevad juhtmed. Kilbis olevate juhtmete korrastamiseks kasutati juhtmesidemeid ja juhtmespiraali, mis on kirjeldatud peatükis 3.1.

Kilbi sisu viimistluse lõppedes asetati kilbi paneelid tagasi õigesse positsiooni ning seejärel paigaldati kilbi tühjadele avaustele moodulava katted. Kõik lülitid, kaitselülitid, rikkevoolukaitsmed, kontaktorid ja tuled märgistati kleebistega, mille tegemisel kasutati kleebiseprinterit. Lõpetuseks paigaldati üles vasakusse nurka elektrilöögiohu hoiatus kleebis. Joonisel 3.17 on esitatud kilbi pealtvaade peale lõppviimistluse teostamist.



Joonis 3.17 Kilbi pealtvaade lõppviimistluse järgselt.

Viimase etapina kilbikoostel pingestati kilp, ühendades toitekaabel vooluvõrku. Katsetati kõikide komponentide tööd ning teostati mõõtmised. Mõõtmiste käigus pingestati DIN pistikupesa ning kontrolliti klemmidel olev pinge. Pinge klemmidel oli 232 V. Seejärel lülitati töösse mootoriahela kontaktor, ning mõõdeti pinge väljundklemmidel L1, L2 ja L3. Pinge klemmidel oli järgnev, L1, L2 ja L3 klemmidel oli faasipinge 232 V ning liinipinge L1-L2, L2-L3 ja L1-L3 vahel oli 401 V. Peale mõõtmiste teostamist katsetati kõikide lülitite, signaallampide ja kaitselülitite tööd.

Mõõtmiste ja katsetuste lõpetamisel saab tõdeda, et jaotus- ja juhtimiskeskus töötab ootuspäraselt. Kõik paigaldatud osad täitsid oma eesmärgipärast ülesannet. Ühendused oli teostatud korrektselt järgides skeemi. Katsetamise käigus puudusi ei esinenud.

3.3. Kasutusjuhend

Kilbi ohutuks kasutamiseks koostati kasutusjuhend. Kasutusjuhendis kirjeldatakse elektrikilbi kasutamise võimalusi. Juhendis kasutatud komponentide tähistused on nähtavad lisas 1 esitatud asendiplaanilt või leitavad komponentide kohal olevatelt kleebistelt.

1. Veendu eelnevalt, et pealüliti on välja lülitatud.
2. Seejärel aseta ühenduspistik vooluvõrku.
3. Lülitades sisse pealüliti, rakendub voltmeeter, mis näitab faasipinget ning indikeerib visuaalselt pingestatuse ning elektriohu.
4. Seejärel võib sisse lülitada rikkevoolukaitselülitid RVK 1 ja RVK 2.
5. Järgnevalt sisse lülitades kaitselüliteid, peab KL1 lülitades pingestuma DIN pistikupesapesa ahel, kuid pesas toitepinget veel ei ole. KL2 sisselülitades peab käivituma astrokell, KL3 sisselülitumisel pingestub summeri ahel, kuid summer koheselt ei rakendu.
6. Lülitades sisse KL4 pingestub mootori jõuahel kuni kontaktoriteni, kuid väljundpesad ei ole veel pingestatud.
7. KL 5 sisselülitades on pingestatud kilbi juhtahel. KL6 sisselülitamisel pingestub häirelampide ahel.
8. Kui kõik kaitselülitid on sisse lülitatud, süttib parempoolsel paneelil kollane märgutuli JUHTAHEL OK, mis viitab, et juhtahel on pingestatud.
9. Lülitades välja nüüd KL4, rakendub paremal pool paneelil punane tuli HÄIRE, mis viitab mootori toiteahela rikkele.
10. Lülitades välja KL5 kaitselüliti, kustub paremal pool paneelil kollane märgutuli JUHTAHEL OK ning süttib punane märgutuli JUHTAHEL HÄIRE, mis annab märku, et juhtahel ei ole korras ja selles ahelas on rike.
11. Seejärel võib väljalülitatud kaitselülitid taaskord sisse lülitada.
12. Järgnevalt on võimalus proovida erinevaid lülitusviise.
13. Vajutades rohelisele surunupule SUMMER, rakendub kontaktor K4, mis pingestab summeri ning on kuulda ebameeldivat heli.
14. Pöörates sisse pöördüliti DIN PISTIKUPESA, süttib lüliti roheline tuli ja rakendub kontaktor K3. DIN pistikupesa on nüüd pingestatud.

15. Pöörates pöördlüli A-0-K asendisse K, on võimalik reversseerivat mootorit juhtsüsteemi juhtida käsitsi. Vajutades seejärel surunupule EDASI, rakendub kontaktor K1 ja relee R1, sel hetkel on pingestatud väljavõtted L1, L2, L3. Samal ajal süttib ka roheline märgutuli EDASI.
16. Vajutades punast nuppu STOPP taastub algolek kontaktoril ja releel ning edasi lülitus lülitub välja.
17. Seejärel vajutada surunupule TAGASI. Süttib roheline märgutuli TAGASI, rakendub kontaktor K2 ja relee R2. Taaskord on pingestatud väljavõtted L1, L2, L3.
18. Vajutades uuesti punasele STOPP nupule taastub algolek.
19. Pöörates nüüd lüli A-0-K asendisse A, rakendub relee R3 ja enam ei ole surunuppe EDASI ja TAGASI võimalik kasutada. Nüüd on võimalik mootorit käivitada astrokellaga, mida saab programmeerida telefoniga, kasutades rakendust "*Talento smart*" [28], või kasutades astrokella paneelil olevaid nuppe.
20. Rikke või ohtliku olukorra tekkimisel on võimalik kontrollahel katkestada kasutades HÄDASTOPP lülitit. Seda lülitades katkestatakse juhtahel. Kontaktorite ja releede töö katkestatakse.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö eesmärgiks püstitati õppevahendiks jaotus- ja juhtimiskeskuse koostamine Eesti Maaülikooli tehnikamaja elektrimontaaži laborisse. Hetkel puudus õppelaboris tudengitel võimalus ohutult tutvuda jaotus- ja juhtimiskeskusega. See oli põhjus, miks käesolevat tööd teostama asuti. Eesmärk täideti sihipäraselt, jaotus- ja juhtimiskeskus koostati ning see töötas ootuspäraselt.

Kõik kilbi komponendid valiti järgides kehtivat seadme ohutuse seadust ja Eesti Standardiseerimiskeskuse kehtivaid standardeid.

Töö praktilise osa sooritamiseks koostati eelnevalt asendiplaan, joonestati elektriskeemid ning osteti kaubandusest vajalikud komponendid. Seejärel teostati töö praktiline osa, mille käigus komplekteeriti jaotuskeskus. Komplekteerimisel paigaldati jaotuskeskusesse komponendid ning teostati juhtmete ühendamised. Keskuse koostamise lõppstaadiumis parandati visuaalset väljanägemist, mille käigus korrastati paigaldatud juhtmed, kaeti moodulavad katetega ning lisati komponentidele selgitavad kleebised. Töö viimases peatükis koostati kasutusjuhend jaotuskeskuse kasutamiseks.

Tänu autori poolt loodud jaotuskeskusele, on tudengitel võimalus tutvuda ohutu elektriseadme kasutamisega, komponentide paigaldamisega keskusesse ja õppida tundma lihtsamat releeloogikat. Töös kasutatud kilp on piisavalt suur ning peale töö lõpetamist jäi sinna vaba ruumi lisakomponentide paigaldamiseks. Tulevikus on võimalik loodud kilpi edasi arendada, lisades uusi komponente või mõeldes juurde täiendavaid automaatjuhtimissüsteeme. Esmase ülevaate saamiseks on loodud jaotus- ja juhtimiskeskus sobilik.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Eesti Maaülikool. (2021). Elektri ja automaatikaseadmete montaaž Te.0264. Õppeaine üldandmed. [veebileht] https://ois.emu.ee/rwervlet?oa_aine_info.rdf+1000123+HTML+29578946243161269537+text/html (02.05.2021)
2. Seadme ohutuse seadus. (Vastu võetud 18.02.2015, viimati jõustunud 01.03.2021). – *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/130122020010> (09.05.2021)
3. Madalpingelised aparaadikoosted. (2012). Osa 1: Üldreeglid: Eesti standard EVS-EN 61439-1:2012. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-61439-1-2012> (10.05.2021)
4. Madalpingelised elektripaigaldised. (2017). Osa 4-46: Kaitseviisid. Turvalahutamine ja lülitamine: Eesti standard EVS-HD 60364-4-46:2016+A1:2017. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-hd-60364-4-46-2016+a11-2017> (09.05.2021)
5. Madalpingelised elektripaigaldised. (2017). Osa 1: Põhialused, üldiseloostus, määratlused: Eesti standard EVS-HD 60364-1:2008+A11:2017. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-hd-60364-1-2008+a11-2017> (09.05.2021)
6. Madalpingelised aparaadikoosted. (2012). Osa 3: Jaotuskihid, mida tohivad kasutada tavaisikud: Eesti standard EVS-EN 61439-3:2012. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-61439-3-2012> (09.05.2021)
7. Inimese-masina-liidese üld- ja ohutuspõhimõtted, märgistus ja tuvastamine. (2017). Seadmeklemmide, juhtide otsastuste ja juhtide tuvastamine: Eesti standard EVS-EN 60445:2017. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-60445-2017> (10.05.2021)
8. Elektri paigaldustööd 1. (2009). Eesti elektritööde ettevõtjate liit (EETEL). [On-line]. Tallinn https://eetel.ee/wp-content/uploads/1999/11/www.ekk.edu.ee_vvfiles_0_elektripaigaldustood_1.pdf (10.05.2021)
9. Madalpingelised elektripaigaldised. (2017). Osa 5-54: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Maandamine ja kaitsejuhid: Eesti standard EVS-HD 60364-5-54:2011+A11:2017. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-hd-60364-5-54-2011+a11-2017> (11.05.2021)
10. Madalpingelised elektripaigaldised. (2017). Osa 5-52: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Juhistikud: Eesti standard EVS-HD 60364-5-52:2011+A11:2017. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-hd-60364-5-52-2011+a11-2017> (11.05.2021)
11. Madalpingelised lülitusaparaadid. (2020). Osa 2: Kaitselülitid: Eesti standard EVS-EN 60947-

- 2:2017+A1:2020. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-60947-2-2017%2Ba1-2020> (11.05.2021)
12. Tallinna tehnikaülikooli õppematerjal. (2010). R. Teemets . Elektriaparaadid. Tallinn. [veebileht] http://www.ene.ttu.ee/elektriamid/oppeinfo/materjal/AAR3340/5.5.1..._5.5.5_Kaitselylitid._Liinikaitselylitid._Konspekt2010.pdf (11.05.2021)
13. **Teemets. R.** (2004). Elektripaigaldised Teaberaamat 4: Rikkevoolukaitse. Tallinn: Prisma print. 63 lk.
14. Madalpingelised elektripaigaldised. (2017). Osa 5-53: Elektriseadmete valik ja paigaldamine. Lülitus- ja juhtimisaparaadid: Eesti standard EVS-HD 60364-5-53:2015+A11:2017. Tallinn: Eesti standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-hd-60364-5-53-2015+a11-2017> (12.05.2021)
15. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Ostetud komponentide ettevõtte koduleht. [veebileht] <https://www.weg.ee/> (03.05.2021)
16. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Pealüliti hager SBN340. [veebileht] <https://www.weg.ee/sbn340-pealuliti-3p-40a-230vac-3-mod-hager-109938> (03.05.2021)
17. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Neljapooluseline rikkevoolukaitseüliti HagerCD426J. [veebileht] <https://www.weg.ee/cd426j-rikkevoolukaitse-25a-0-03a-4f-hager-110264> (03.05.2021)
18. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Kahepooluseline rikkevoolukaitseüliti HagerCD226J. [veebileht] <https://www.weg.ee/cd226j-rikkevoolukaitse-25a-2f-hager-110263> (03.05.2021)
19. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Kolmepooluseline kaitselüliti Hager MC316. [veebileht] <https://www.weg.ee/mc316-kaitseluliti-3p-c-16a-6ka-110255> (03.05.2021)
20. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Ühepooluseline kaitselüliti HagerMC116. [veebileht] <https://www.weg.ee/mc116-kaitseluliti-1p-c-16a-6ka-110249> (03.05.2021)
21. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Ühepooluseline kaitselüliti HagerMB110. [veebileht] <https://www.weg.ee/mb110-kaitseluliti-1p-b-10a-6ka-110237> (03.05.2021)
22. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Abikontakt MZ201 kaitselülitile. [veebileht] <https://www.weg.ee/mz201-abikontakt-1nc-1no-230vac-166621> (03.05.2021)
23. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Moodulkontaktor Hager ESC425. [veebileht] <https://www.weg.ee/esc425-230vac-moodulkontaktor-25a-4no-2moodul-hager-110302> (12.05.2021)
24. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Moodulkontaktor Hager ESC225. [veebileht] <https://www.weg.ee/esc225-230vac-moodulkontaktor-25a-2no-1-moodul-hager-110304> (03.05.2021)
25. W.EG. Eesti OÜ. (2021). ABB CR-M4SS releepesa nelja kontaktiga. [veebileht] <https://www.weg.ee/cr-m4ss-relee-standardpesa-kruviklemmiga-4-kontakti-abb-109416> (03.05.2021)
26. W.EG. Eesti OÜ. (2021). ABB relee CR-M230AC4. [veebileht] <https://www.weg.ee/cr-m230ac4->

- vaherelee-4no-nc-230vac-abb-109415 (03.05.2021)
27. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Astrokell Talento smart C15. [veebileht] <https://www.weg.ee/talento-smart-c15-bt-1-kanal-500-malupesa-110-230ac-astro-on-off-cycle-impulse-random-1006169> (03.05.2021)
28. Talento smart. (2021). Programmi “Talento smart” allalaadimine. [veebileht] <http://www.talento-smart.com/> (20.05.2021)
29. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Protec PDSB DIN pistikupesa. [veebileht] <https://www.weg.ee/protec-pdsd-pistikupesa-din-liistule-16a-111654> (03.05.2021)
30. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider roheline lääts ZB4BV033. [veebileht] <https://www.weg.ee/zb4bv033s-laats-roheline-ledile-schneider-110339> (03.05.2021)
31. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider punane lääts ZBV4BV043. [veebileht] <https://www.weg.ee/zb4bv043-laats-punane-ledile-schneider-109963> (03.05.2021)
32. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider kollane signaallamp XB7EV05MP. [veebileht] <https://www.weg.ee/xb7ev05mp-signaallamp-led-230vac-kollane-schneider-110359> (03.05.2021)
33. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider kolme mooduliga metallraam kinnituseks. [veebileht] <https://www.weg.ee/zb4bz009-metallraam-3-e-mooduli-kinnitamiseks-schneider-110350> (03.05.2021)
34. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider roheline LED moodul ZBVM3. [veebileht] <https://www.weg.ee/zbvm3-signaalmoodul-led-230vac-roheline-schneider-110345> (03.05.2021)
35. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider punane LED moodul ZBVM4. [veebileht] <https://www.weg.ee/zbvm4-signaalmoodul-led-230vac-punane-schneider-110346> (03.05.2021)
36. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider roheline surunupp ZB4BA3. [veebileht] <https://www.weg.ee/zb4ba3-roheline-surunupp-schneider-110333> (03.05.2021)
37. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider punane surunupp ZB4BA4. [veebileht] <https://www.weg.ee/zb4ba4-punane-surunupp-schneider-110334> (03.05.2021)
38. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider kolmepositsiooniline pöördlüliti ZB4BD3. [veebileht] <https://www.weg.ee/zb4bd3-poordluliti-1-0-2-3-schneider-110337> (03.05.2021)
39. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider kahepositsiooniline roheline pöördlüliti ZB4BK1233. [veebileht] <https://www.weg.ee/zb4bk1233-poordluliti-2-positsiooni-roheline-fikseeruv-schneider-110324> (03.05.2021)
40. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Schneider hädastopp lüliti ZB4BS844. [veebileht] <https://www.weg.ee/zb4bs844-hadastoppnupp-d40-pooratav-schneider-109961> (03.05.2021)
41. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Kolmefaasiline voolulatt. [veebileht] <https://www.weg.ee/kdn363b-voolulatt-3f-57moodulit-110268> (03.05.2021)


42. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Kolmefaasilise voolulati otsad KZN023. [veebileht] <https://www.weg.ee/kzn023-ots-3f-kammile-10-tk-110271> (03.05.2021)
43. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Moodulava kate P012. [veebileht] <https://www.weg.ee/p012-moodulava-kate-12m-valge-hager-110297> (03.05.2021)
44. W.EG. Eesti OÜ. (2021). 16A kolmefaasiline jätkupistik. [veebileht] <https://www.weg.ee/015-6-jatkupistik-16a-3p-n-e-380-415v-ip44-pce-118991> (03.05.2021)
45. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Juhtmesidemetek pakk 100 tk [veebileht] <https://www.weg.ee/t18r-w-100x2-5-must-juhtmeside-pakk-100tk-hellermann-108444> (03.05.2021)
46. W.EG. Eesti OÜ. (2021). Juhtmespiraali Cimco. [veebileht] <https://www.weg.ee/cimco-186202-hf-juhtmespiraali-6-60-mm-valge-10m-111879> (03.05.2021)
47. Cadmatic koduleht. (2021). CAD tarkvara elektriskeemide ja jaotuskeskuste vaadete koostamiseks. [veebileht] <https://www.cadmatic.com/en/> (14.05.2021)

LISAD

Lisa 1. Komponentide paiknemise kavand

Produced by student version

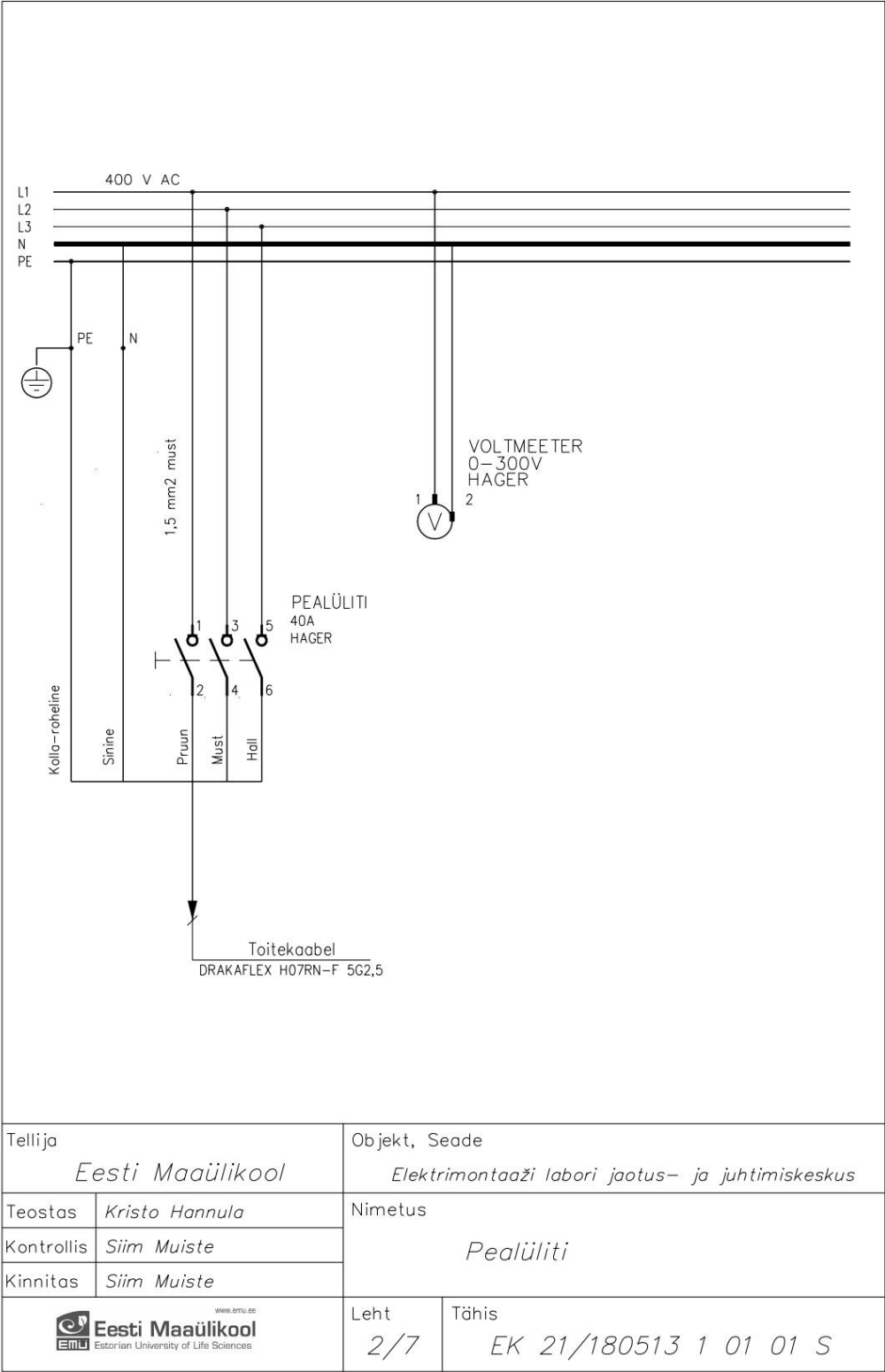
<p>PEALÜLITI RVK1 1 2 3</p>		<p>EDASI</p>	<p>HÄIRE</p>	<p>TAGASI</p>
<p>4 5 6 RVK2 VOLTMEETER SUMMER</p>		<p>START EDASI</p>	<p>STOPP</p>	<p>START TAGASI</p>
<p>ASTROKELL</p>		<p>A - 0 - K</p>	<p>DIN PISTIKUPESA 0 - 1</p>	
<p>K1 R1 K2 R2 R3</p>		<p>SUMMER</p>	<p>JUHTAHKL OK</p>	<p>JUHTAHKL HÄIRE</p>
<p>K3 K4</p>				
<p>DIN PISTIKUPESA</p>		<p>HÄDASTOPP</p>		
		<p>L1 L2 L3 PE</p>		

<p>Tellija</p> <p><i>Eesti Maaülikool</i></p>		<p>Objekt, Seade</p> <p><i>Eektrimontaaži labori jaotus- ja juhtimiskeskus</i></p>	
Teostas	<i>Kristo Hannula</i>	<p>Nimetus</p> <p><i>Komponentide paiknemise kavand (eskiis)</i></p>	
Kontrollis	<i>Siim Muiste</i>		
Kinnitas	<i>Siim Muiste</i>		
<p> Eesti Maaülikool <small>Estonian University of Life Sciences</small></p>		<p>Leht</p> <p><i>1/7</i></p>	<p>Tähis</p> <p><i>EK 21/180513 1 01 00 P</i></p>

Produced by student version

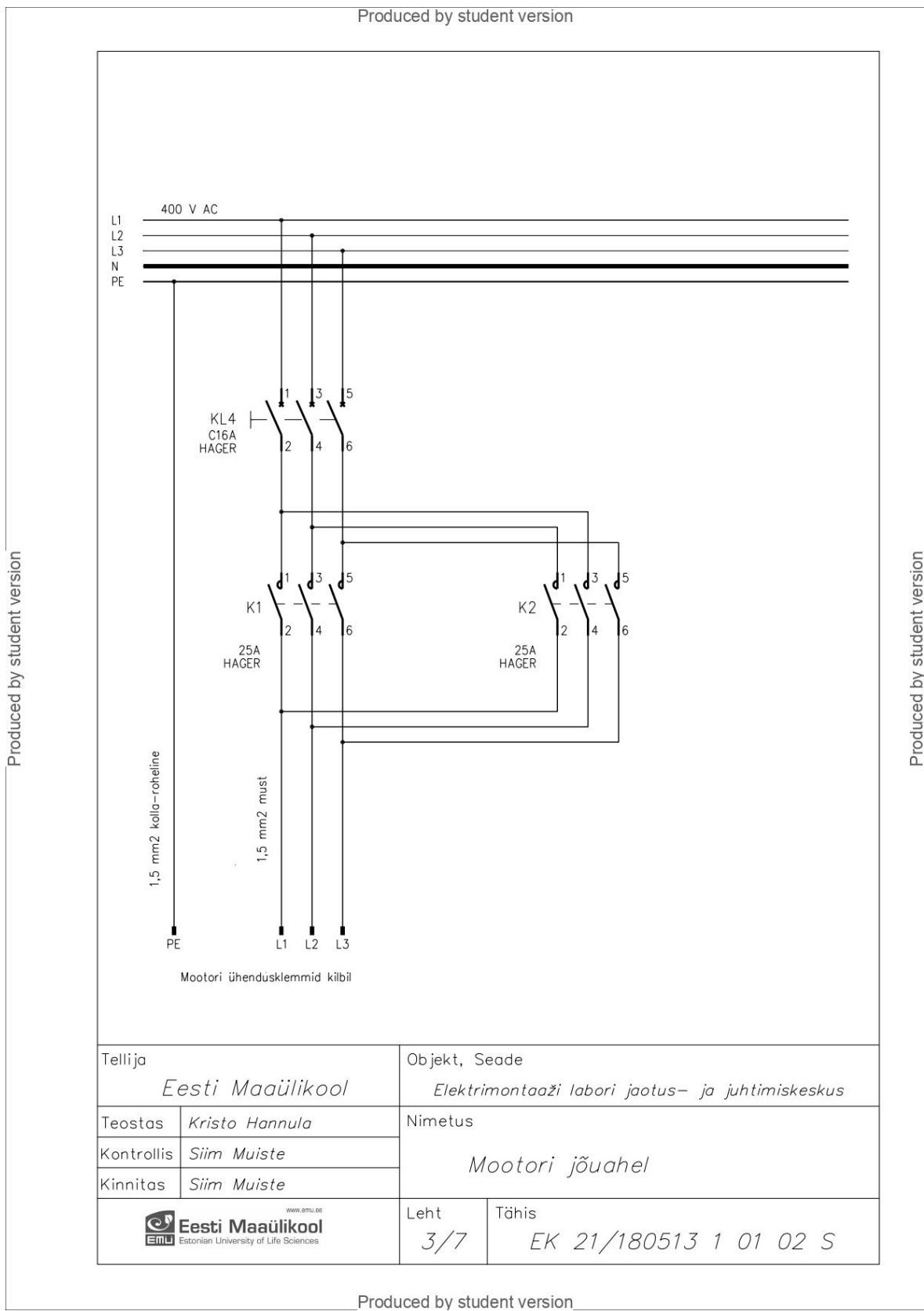
Lisa 2. Pealüiti elektriskeem

Produced by student version



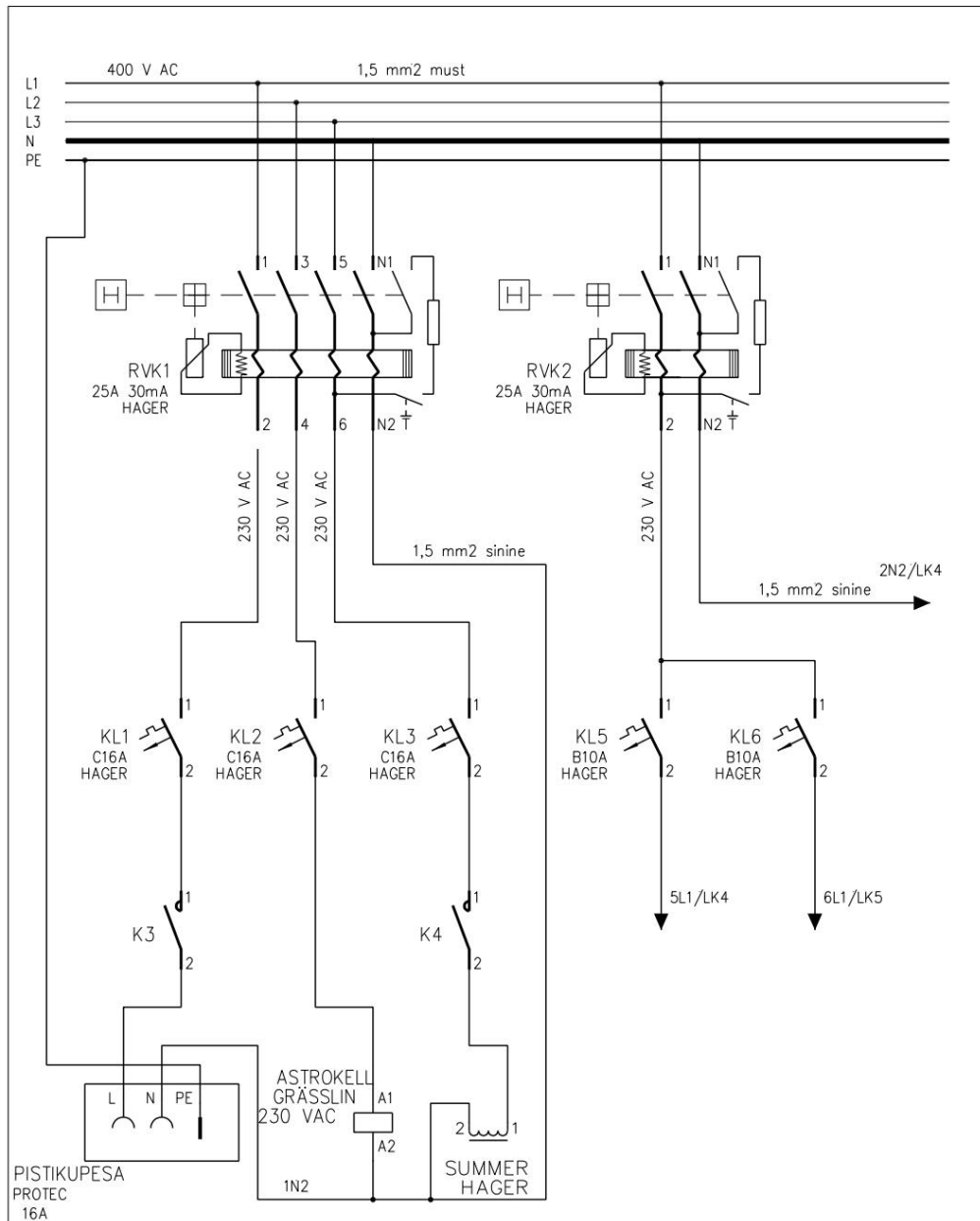
Produced by student version


Lisa 3. Mootori jõuahela elektriskeem



Lisa 4. Rikkevoolukaitseahelate elektriskeem

Produced by student version



Tellija <i>Eesti Maaülikool</i>		Objekt, Seade <i>Elektrimontaaži labori jaotus- ja juhtimiskeskus</i>	
Teostas	<i>Kristo Hannula</i>	Nimetus <i>Rikkevoolukaitseahelad</i>	
Kontrollis	<i>Siim Muiste</i>		
Kinnitas	<i>Siim Muiste</i>		
 Eesti Maaülikool <small>www.emu.ee</small> <small>Estonian University of Life Sciences</small>		Leht <i>4/7</i>	Tähis <i>EK 21/180513 1 01 03 S</i>

Produced by student version

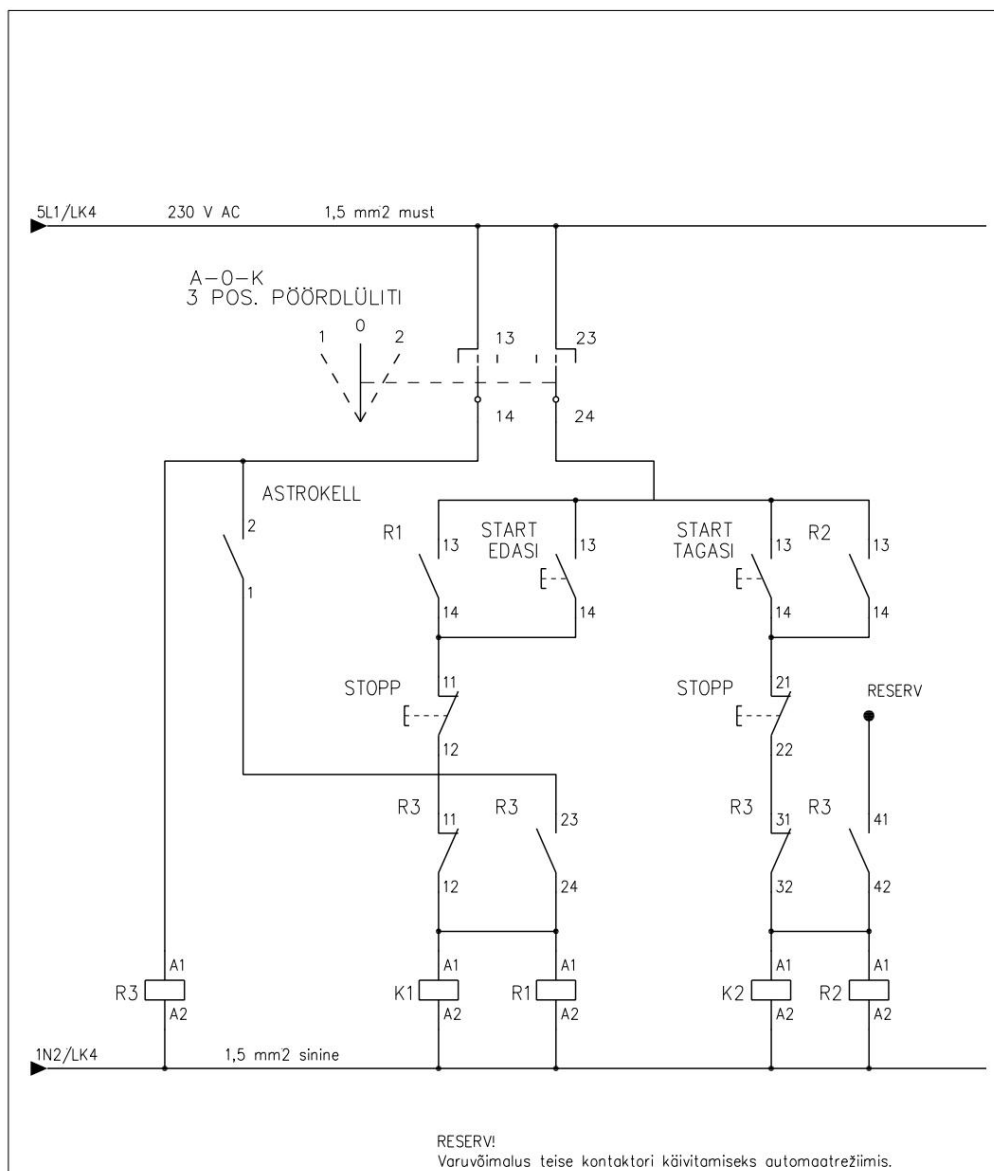
Produced by student version




Produced by student version.

Lisa 6. Juhtahela elektriskeem jätk

Produced by student version

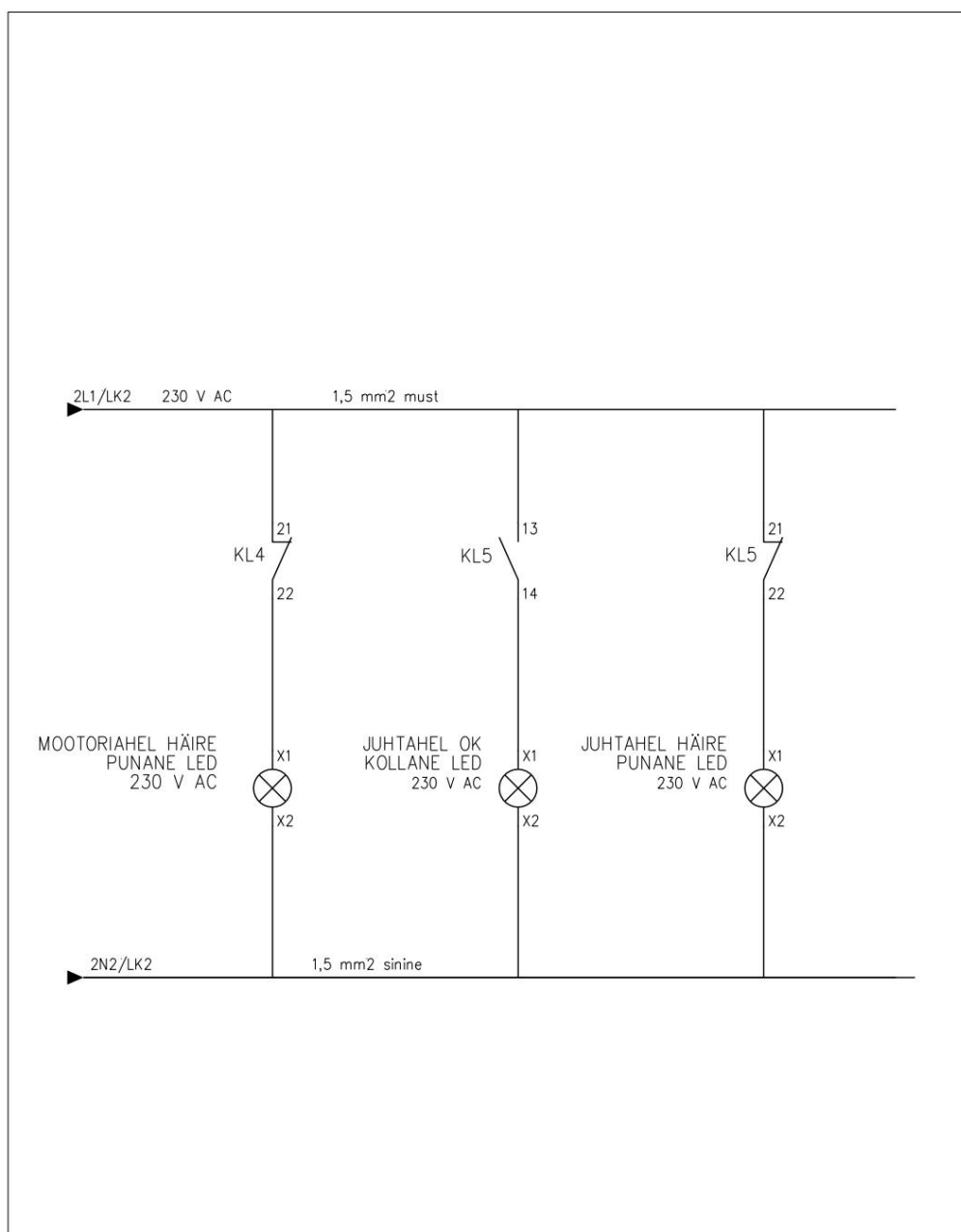


Tellija <i>Eesti Maaülikool</i>		Objekt, Seade <i>Elektrimontaaži labori jaotus- ja juhtimiskeskus</i>	
Teostas	<i>Kristo Hannula</i>	Nimetus <i>Juhtahel jätk</i>	
Kontrollis	<i>Siim Muiste</i>		
Kinnitas	<i>Siim Muiste</i>		
 Eesti Maaülikool <small>www.emu.ee</small> <small>Estonian University of Life Sciences</small>		Leht <i>6/7</i>	Tähis <i>EK 21/180513 1 01 05 S</i>

Produced by student version

Lisa 7. Rikkelampide skeem

Produced by student version



Tellija <i>Eesti Maaülikool</i>		Objekt, Seade <i>Elektrimontaaži labori jaotus- ja juhtimiskeskus</i>	
Teostas	<i>Kristo Hannula</i>	Nimetus <i>Rikkelampide skeem</i>	
Kontrollis	<i>Siim Muiste</i>		
Kinnitas	<i>Siim Muiste</i>		
 Eesti Maaülikool <small>www.emu.ee</small> <small>Estonian University of Life Sciences</small>		Leht <i>7/7</i>	Tähis <i>EK 21/180513 1 01 06 S</i>

Produced by student version

Lisa 8. Lihtlitsents

Mina, Kristo Hannula,

sünniaeg 24.05.1990,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Jaotus- ja juhtimiskeskuse koostamine elektrimontaaži labori õppevahendiks,

mille juhendaja on Siim Muiste,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Kristo Hannula, (*allkirjastatud digitaalselt*)
(*allkiri*)

Tartu, 27.05.2021
(*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Siim Muiste, (*allkirjastatud digitaalselt*)
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

27.05.2021
(*kuupäev*)

(*juhendaja nimi ja allkiri*)

(*kuupäev*)